

数字化设计技术在《机械设计基础》课程教学中的应用研究

王婷*, 杨金, 惠倩倩, 李茹月

火箭军工程大学基础部, 陕西 西安

收稿日期: 2026年3月16日; 录用日期: 2026年4月16日; 发布日期: 2026年4月28日

摘要

机械设计基础是近机械类专业核心的专业基础课。针对课程传统教学中存在的教学内容抽象、设计计算繁琐、理论与实践脱节等问题, 本文探索了数字化设计技术融入课程教学的实施路径。从课堂可视化教学和课后研讨作业两个层面, 详细论述了数字化技术在课堂教学中的应用, 通过三维建模、虚拟装配、运动仿真等手段, 将抽象的知识进行可视化呈现, 将传统习题升级为仿真探究任务; 从传统课程设计项目和开放式创新项目两个维度, 阐述了数字化技术在实践教学中的应用, 构建了“设计计算-三维建模-仿真验证-优化迭代”的完整设计流程。实践表明, 数字化设计技术的融入有效提升了学生的学习兴趣 and 认知深度, 促进了学生数字化设计能力的发展, 为培养具备工程实践能力和创新思维的高素质机械人才提供了有效途径。

关键词

数字化设计, 机械设计基础, 课堂教学, 实践教学, 项目式学习

Research on the Application of Digital Design Technology in the Teaching of “Fundamentals of Mechanical Design” Course

Ting Wang*, Jin Yang, Qianqian Hui, Ruyue Li

Basic Courses Department, Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi

Received: March 16, 2026; accepted: April 16, 2026; published: April 28, 2026

Abstract

Fundamentals of Mechanical Design is a core professional basic course for mechanical-related

*通讯作者。

文章引用: 王婷, 杨金, 惠倩倩, 李茹月. 数字化设计技术在《机械设计基础》课程教学中的应用研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(4): 287-295. DOI: 10.12677/ces.2026.144272

majors. In response to the challenges in traditional teaching, such as abstract content, tedious design calculations, and the disconnection between theory and practice, the paper explores the implementation path of integrating digital design technologies into the curriculum. It elaborates on the application of digital technologies in classroom teaching from two aspects: visualized classroom instruction and after-school discussion assignments. Through techniques such as 3D modeling, virtual assembly, and motion simulation, abstract knowledge is presented visually, and traditional exercises are upgraded into simulation-based tasks. The paper discusses the application of digital technology in practical teaching from two aspects: traditional course design project and open-ended innovation project. It constructs a complete design process of "design calculating-3D modeling-simulated analysis-iterative optimization". Practice shows that the digital design technology has effectively enhanced students' learning interest and depth of understanding, and promoted the development of their digital design capabilities. It provides an effective pathway for cultivating high-quality mechanical talents with engineering practice ability and innovative thinking.

Keywords

Digital Design, Fundamentals of Mechanical Design, Classroom Teaching, Practical Teaching, Project-Based Learning

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在新一轮科技革命与产业变革的推动下，现代装备技术正朝着向数字化、网络化、智能化的方向快速发展，以数字孪生、智能制造、人工智能为代表的先进技术深刻改变了传统机械产品的设计范式与方法体系[1]。在这一背景下，现代装备的研发和制造对工程技术人才的培养提出了全新要求，具备数字化设计思维、掌握现代设计分析工具以及创新能力强的复合型人才，成为支撑制造业转型升级的关键力量。

《机械设计基础》作为高等工科院校机械类及近机械类专业的专业基础课，主要讲述常用机构和通用零件的工作原理、结构特点与设计方法，旨在培养学员的工程设计能力、工程实践能力和创新能力，是塑造机械设计技能与理念至关重要的一门课程。课程融合了图学、力学、材料学、机构学等多学科知识，强调将理论知识应用于机械产品的设计、制造与维护，具有较强理论性、实践性和综合性，是连接基础理论与工程实践的重要桥梁[2]。

近年来，各高校机械类专业在新工科理念下，从知识体系融合、教学模式创新及实践教学环节等方面对数字化设计技术融入课程教学进行了研究和改革。在知识体系融合层面，杨贵新[3]、郑静等[4]讨论了基础理论与现代工程实践的结合方式，探究了将先进设计理念和跨学科知识整合到教学中的可能性和方法；姜波等[5]、林旭[6]、王妮[7]、潘少瑛[8]、胡广华等[9]将 CDIO 教育模式融入课程教学，优化精简教学内容，引入 ADAMS、Solidworks、ANSYS 等 CAD/CAE 工程软件辅助教学，建立以能力培养为导向的机械设计基础课程教学体系。在教学模式创新层面，宋梅利等[10]、潘春荣等[11]、周莹[12]基于项目式教学或案例教学，通过建立项目(工程案例)库，融合线上线下混合式教学，将现代设计分析方法与经典理论相结合，提高学生现代机械设计和分析能力。在实践教学改革层面，曾德惠等[13]构建了机械数字化设计能力培养体系，通过课程群优化整合、分层实验实践教学、多渠道课外实践等举措，实现了学生数字化设计能力的层次化提升。

综上所述,各高校大多采用了案例教学或项目驱动的模式,加强了数字化设计与仿真技术的应用。但是由于学校的人才培养目标和课程体系设置各不相同,需要结合自身特点,在机械设计基础理论与数字化技术、工程实践融合教学方面进行深入研究。基于现有学时安排,在不偏离基本教学内容的基础上,本文将采用行动研究法,系统探索数字化设计技术融入课堂教学与实践教学的实施路径,以期同类课程教学改革提供有益参考。

2. 数字化设计技术的内涵

数字化设计技术是指利用计算机、网络、大数据、人工智能等数字化手段,对产品设计、制造和运行过程进行仿真、分析和优化的一种技术,主要包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)三大支柱技术[14]。

机械产品的数字化设计是将三维建模、虚拟装配、模拟仿真、优化设计等关键技术与传统设计融合在一起,形成新的设计流程。首先,根据产品功能需求和市场调研,运用机构学原理完成产品方案设计和运动学分析,得出机构运动简图;根据运动简图,利用CAD软件(如SolidWorks、UG、Pro/E、CATIA等)建立机构的三维模型,包括零部件的参数化建模和整机虚拟装配;按照给定的设计条件,利用CAE软件(如ANSYS、ABAQUS等)进行运动仿真和有限元分析,运动仿真可以验证机构运动的协调性和可行性,而有限元分析可以对关键零部件进行强度、刚度、模态等力学性能校核,确保设计满足强度要求。基于仿真分析结果,确定优化目标(如减重、降本、提高强度等),利用优化算法进行结构拓扑优化、尺寸优化和形状优化,最终得出产品的数字化模型。机械产品的数字化设计将传统设计与三维软件平台有机结合在一起,使设计结果动态可视化呈现,不仅减轻了设计强度,提高了设计质量,还为后续的产品全生命周期管理奠定了数字化基础[13]。

3. 数字化设计技术在课堂教学中的应用

3.1. 课堂教学痛点及数字化解决思路

课堂教学是学生接触和掌握课程核心知识体系的首要环节。《机械设计基础》课程涉及大量的机构运动过程、机械零件的设计校核、三维结构和空间装配关系等教学内容。传统教学方式主要面临以下问题:第一,机构运动过程抽象。机构在运动过程中各构件间的相对位置和运动关系在不断变化,学生仅凭静态图形和二维动画难以建立清晰的运动学认知。第二,零部件内部结构不可见。轴系内部结构、螺栓连接的受力状态等不能通过外部观察获得直观认识,学生往往只能依靠想象理解其结构特征。第三,设计计算过程复杂繁琐。齿轮传动设计、轴系校核、轴承寿命计算等涉及大量的修正系数和经验公式,设计过程需要反复迭代修改,导致计算繁琐且多为重复性工作。第四,参数变化影响难以直观感受。参数调整对结构性能和设计结果的影响缺乏实时反馈,学生不能通过多方案对比深入理解参数与性能尺寸之间的内在联系。

针对上述问题,数字化设计技术的融入为课堂教学改革提供了有效路径。通过三维建模技术构建零部件的数字模型,可以实现旋转、缩放、剖切等多种视角的操作,使学生能够多角度直观了解零部件的结构特征。改变关键设计参数并更新模型,学生能直接观察参数变化对零件结构的影响。借助运动仿真技术,可以动态演示机构的运动过程,生成位移、速度、加速度等运动曲线,将抽象的运动规律进行可视化呈现。利用有限元分析技术,可以将应力分布、变形情况以云图形式直观展示,帮助学生理解机械零件强度、刚度力学分析的本质。

3.2. 课堂可视化教学

课堂可视化教学侧重于教师演示,通过展示复杂结构特征、机构动态运行过程及参数变化影响机理,来帮助学生理解课堂知识。按照常用机构、机械传动、机械连接、轴系零部件四大教学内容模块,可实

施的教学案例有：

1) 机构运动简图绘制与运动仿真

机构运动简图是机械系统分析与设计的基础，但是学生在学习过程中往往很难将实际机构与抽象简图对应起来。在课堂教学中，教师可以利用 MCAD 软件或 SolidWorks Motion 模块，构建典型机构的动态仿真模型。例如，在讲解复合机构时，通过三维动态仿真模型演示机构的完整运动过程，展示各构件间的相对运动关系，帮助学生建立实际机构与抽象简图之间的映射关系。

2) 齿轮的参数化建模与演示

齿轮涉及模数、齿数、压力角、螺旋角等多个参数，各个参数对齿轮结构的影响较为复杂。利用 SolidWorks 的 Toolbox 插件，教师可以对齿轮进行参数化建模，生成三维模型。通过改变关键参数来演示轮齿形状的变化，比如：增大模数、减少齿数后齿轮的分度圆不变，但是齿厚和齿高相应增大，从而使学生深刻理解模数对轮齿弯曲疲劳强度的影响。

3) 螺栓连接受力与变形协调关系演示

螺栓连接在轴向工作载荷下的受力分析涉及复杂的变形协调关系。在讲解时，可以利用 ANSYS 有限元分析软件建立螺栓连接的装配模型，建立预紧力分析步，施加轴向工作载荷。通过应力变形云图可以直观展示螺栓、被连接件的应力变化，将抽象的变形协调关系变得可视化和量化。

4) 轴系零部件虚拟装配与结构展示

轴系零部件结构复杂，装配关系隐蔽，而传统二维图纸难以清晰表达齿轮与轴的配合、轴承的安装方向等空间关系。在讲授轴的结构设计时，对这些零件三维建模并进行虚拟装配。通过三维可视化展示，学生能够从任意角度观察零件结构，同时借助剖切视图看清楚零件的内部配合，理解零件的装配顺序，有效解决了学生空间想象能力不足的问题。

3.3. 课后研讨作业

课后研讨作业是课堂教学的有机延伸，其设计思路是将传统习题升级为数字化仿真任务，实现从“纸上算题”到“仿真探究”的转变。围绕课堂教学的核心知识点，以具体工程问题或设计任务为载体，学生既要进行理论分析，又要通过数字化工具进行仿真验证，从而实现理论分析与仿真实践的有机融合。

在机构分析与设计模块，传统教学采用图解法或者解析法进行平面连杆机构或凸轮轮廓曲线的设计，但是验证设计结果需要绘制大量图形或先要建立复杂的数学模型。以牛头刨床导杆机构的设计为例，可以先根据行程速比系数等要求初步设计机构尺寸，然后采用虚拟样机法建立机构模型并进行运动仿真，分析刨刀的运动轨迹、速度和加速度的变化，来验证设计是否满足要求。通过调整杆长参数并实时观察机构的运动变化，学生可以直观理解各参数对机构运动性能的影响，为机构优化设计奠定基础。

在通用零部件的设计模块，以典型机械装置(减速器设计)为例，将涉及的机械零件如 V 带传动、齿轮传动、传动轴、滚动轴承等等，分解为若干个子项目，作为课后探究任务。结合参数化建模、虚拟装配、有限元分析等数字化技术，不仅帮助学生巩固了课堂所学理论知识，更培养了运用现代设计工具解决实际工程问题的能力。各子项目与数字化设计技术的对应关系如表 1 所示。

Table 1. Correspondence between sub-projects of reducer design and digital technologies

表 1. 减速器设计子项目与数字化技术对应关系

子项目	设计内容	传统方法	数字化技术应用
电动机选型	选择电动机型号、功率、转速	查询手册、手工计算	编程计算、数据库查询
V 带传动设计	V 带型号、根数、带轮结构	手工计算、查表	参数化建模、运动仿真
齿轮传动设计	齿轮参数计算、强度校核	手工计算、公式套用	参数化建模、有限元分析验证

续表

轴的设计	轴的结构设计、强度校核	手工计算、绘制轴系图	三维建模、有限元分析验证
键连接设计	键的选型、强度校核	手工计算、查表	三维建模、有限元分析验证
滚动轴承	轴承选型、寿命校核	手工计算	三维建模、接触应力分析
箱体设计	箱体结构、附件设计	二维图纸绘制	三维建模、虚拟装配、刚度分析

3.4. 教学活动设计

围绕“如何教”的问题，本研究设计了基于翻转课堂的“课前导学 - 课中研学 - 课后提升”三阶段教学流程，如图 1 所示。本节将以“平面连杆机构的设计”中“牛头刨床传动机构的设计”任务为例，来阐述教学活动的组织与实施。

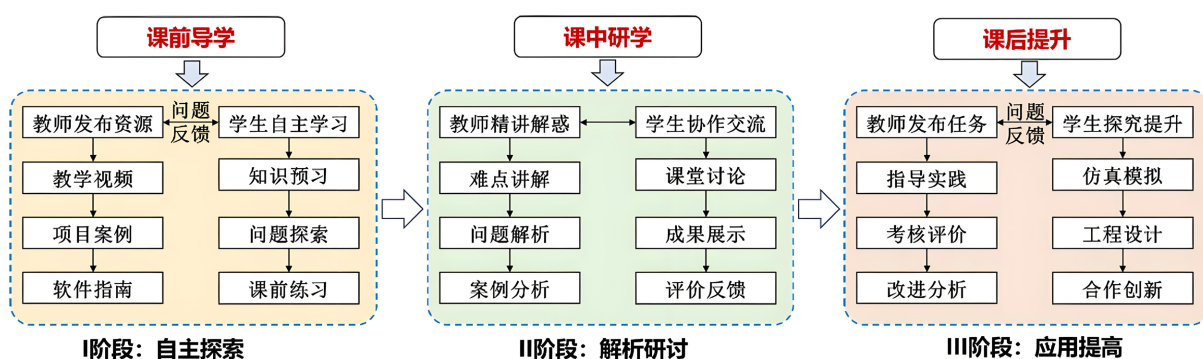


Figure 1. “Pre-class-In-class-Post-class” three-stage teaching implementation process

图 1. “课前 - 课中 - 课后”三阶段教学实施流程

1) 课前导学：线上自学与任务驱动

课前阶段重在让学生建立感性认知并完成初步设计。教师通过雨课堂推送导学视频，展示牛头刨床的工作过程，引导学生观察刨刀工作行程慢、回程快的急回特性，提取传动机构的主要运动特征。分组布置开放式的设计任务：给定行程 $S = 300 \text{ mm}$ 、行程速比系数 $K = 1.3$ ，设计牛头刨床的传动机构。各小组至少提出两种设计方案，并绘制机构运动简图。教师通过微信群收集预习反馈，调整课堂重点，同时提供 MATLAB 源程序和 MCAD 软件操作指南，供学生调试学习。

2) 课中研学：理论探究与仿真验证

课中阶段采用项目式和翻转课堂相结合的教学方法。通过需求分析、类型综合、尺度综合、性能验证，将数字化设计技术融入课堂教学过程。首先，教师引导学生从机器的组成角度分解牛头刨床，将复杂系统逐步简化，提取摆动导杆机构的动作要求与运动规律，完成设计机构的需求分析。组织翻转课堂，各小组展示机构设计方案，阐述连杆构型设计的选择理由，教师点评、小组互评，启发学生工程设计中没有标准答案，需要结合实际进行权衡选择。基于设计方案教师讲解解析法设计过程，建立机构参数的数学方程，利用 MATLAB 求解方程得出各构件的杆长尺寸。最后进行性能验证，教师利用 MCAD 软件建立摆动导杆机构模型，进行机构运动仿真，动态演示刨刀运动轨迹和速度变化，来验证刨刀行程和急回特性是否满足设计要求。

3) 课后提升：仿真探究与能力提升

课后阶段重在知识巩固和能力拓展。基于项目案例各小组完善设计方案，利用所学知识确定机构尺寸并进行运动仿真，最终提交设计分析报告。在满足基本功能的前提下，鼓励学生调整杆长参数，观察

对机构运动性能的影响,寻找最优设计方案。通过软件操作与仿真验证,培养了学生的数字化设计能力以及批判分析、持续优化的工程思维习惯。

4. 数字化设计技术在实践教学中的应用

实践教学是培养学生创新设计思维和工程实践能力的关键环节。传统实践教学存在理论实践脱节、设计过程按部就班、缺乏创新思维培养等问题。本文将从传统课程设计项目和开放式创新项目两个层面,来阐述数字化设计技术在实践教学中的应用。

4.1. 传统课程设计项目

减速器设计是《机械设计基础》课程的经典实践项目,也是检验学生综合应用所学知识能力的重要环节。按照机械产品的数字化设计流程,对传统课程设计模式进行了数字化改革,将设计过程分解为“设计计算-三维建模-仿真验证-优化迭代-成果输出”的流程。

设计计算阶段:根据设计任务书给定的原始数据,进行传动装置总体设计,包括电动机选型、传动比分配、运动动力参数计算等等。在此基础上,完成V带传动、齿轮传动、轴、轴承、键连接等零部件的设计计算。为了提高计算效率和准确性,鼓励学生采用MATLAB编程实现参数化计算,将重复性的计算过程程序化,便于后续参数调整时的快速计算。

三维建模阶段:利用SolidWorks等三维CAD软件,按照设计计算结果进行所有零件的三维建模。在建模过程中需要提醒学生注意,齿轮的齿廓曲线应按照渐开线方程生成;箱体零件的建模需要考虑拔模斜度、过渡圆角等细节特征。

虚拟装配阶段:所有零件建模完成后,进行减速器的虚拟装配。在这一环节中,学生需要定义各零件间的配合关系(同轴、重合、距离等),检验零件之间的装配关系正确与否,是否存在干涉,以此来验证结构设计的合理性。

仿真验证阶段:将关键零部件(如齿轮、轴)的三维模型导入ANSYS等有限元分析软件,进行强度校核验证。例如,对轴施加相应的载荷和约束,模拟轴在径向力、弯矩或扭矩作用下轴的应力分布情况,求解最大应力,确定危险截面,为轴的结构设计改进提供参考。

优化迭代阶段:基于仿真验证结果,对设计中存在的薄弱环节进行优化改进。例如,若轴肩过渡圆角处应力过大,可适当增大圆角半径;若箱体某部位刚度不足,可增设加强筋。优化后再次进行仿真验证,从而形成设计-分析-优化的闭环。

成果输出阶段:将减速器的数字模型生成二维工程图(包括零件图和装配图),撰写设计计算说明书,并提交仿真分析报告。

4.2. 开放式项目实践

在传统减速器设计的基础上,结合近年来机械创新设计大赛的设计主题,课程设计还设置了开放性的项目实践。开放性的项目实践过程包括“调研分析-构型设计-结构设计-样机制造及调试-实物展示与答辩”等环节。通过综合性的设计任务,将机械设计、力学分析、材料选择、控制技术等多学科知识融会贯通,帮助学员建立“机械-控制-材料-工艺”一体化的系统设计思维,强化设计理论与项目实践相结合,提高了学员的创新实践能力以及解决复杂工程问题的综合能力。以仿生螃蟹的设计为例,教学实践环节设置如下:

环节一:调研立题和需求分析

通过查阅文献资料,调研螃蟹等节肢动物的结构形式和运动机理,包括步行方式、关节运动、步态协调等关键生物特征,结合国内外典型仿生机械案例,分析其设计思路与实现方法。要求:完成仿生螃

蟹的生物特征和运动机理分析。

环节二：机构方案设计及分析

基于调研结果，提出仿生螃蟹机构设计方案，并通过机构运动简图表达设计思路，计算自由度分析运动可行性。然后进行详细设计，建立仿生螃蟹腿部机构的虚拟样机模型，进行运动仿真和优化，分析步态协调性、速度曲线和干涉情况，并最终确定螃蟹腿部机构的设计方案。要求：完成仿生螃蟹所有关键机构(如腿部连杆、驱动齿轮、蟹身框架)的三维建模与工程图纸绘制。

环节三：样机制造及调试

根据设计图纸和三维模型，完成所有零件的加工制作与整体装配。在机电集成方面，完成控制系统的硬件搭建(包括电机驱动电路、传感器布置)并编写相应的运动控制程序。要求：记录制作日志，包括加工问题、装配误差、调试过程及解决方案，提交物理样机。

环节四：实物展示与答辩

撰写设计说明书，准备答辩 PPT，进行实物展示与答辩。

5. 教学改革成效

《机械设计基础》课程开设于大三年级第一学期，研究选取了 2023 级武器发射工程专业的一个进度班进行试点教学。针对数字化设计技术融入课程教学的改革方案，课程结束后对试点班的 88 名学生进行了问卷调查，以此来评估教学改革效果。

通过一学期的教学实践，学生对课程教学效果各维度的评分如表 2 所示。从统计数据来看，数字化工具辅助教学效果得分最高(4.25/5)，表明三维建模、运动仿真、有限元分析等工具的引入对课程内容的理解作用显著。教学内容与工程实际结合程度(4.23/5)紧随其后，说明基于项目案例的教学设计让学生感受到了所学知识的实用性。课程对创新思维能力的培养(3.98/5)和课后任务设计合理性(4.02/5)评分相对略低，反映出学生在开放性的设计任务中面临一定挑战，课后任务的难度需要进一步优化。整体教学质量满意度为 4.21/5，处于较高水平。图 2 所示为学生对数字化设计技术融入教学的认知分布图。85.2% 的学生认为通过三维建模和运动仿真使抽象的理论知识更加直观易懂。77.3% 的学生认为数字化工具的引入能有效激发学习热情，例如有学生反映：“课后仿真任务很有趣，比单纯做题收获更大；虚拟装配让我发现了很多图纸上看不到的问题；仿真分析让我对自己的设计更有信心”。69.3% 的学生认为“增强了实际操作能力”，体现了课后探究任务和课程设计实践的价值。

Table 2. The evaluation data of course teaching effectiveness in the pilot class (Class of 2023)

表 2. 2023 级试点班课程教学效果评价数据

评价维度	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	平均分
教学内容与工程实际结合程度	36.4%	50.0%	12.5%	1.1%	0%	4.23
教学方法的多样性和吸引力	34.1%	51.1%	13.6%	1.1%	0%	4.19
数字化技术的教学辅助效果	37.5%	50.0%	11.4%	1.1%	0%	4.25
课后任务设计的合理性	28.4%	47.7%	21.6%	2.3%	0%	4.02
课程对工程设计能力的培养	31.8%	51.1%	15.9%	1.1%	0%	4.15
课程对创新思维能力的培养	26.1%	47.7%	23.9%	2.3%	0%	3.98
整体教学质量满意度	34.1%	52.3%	12.5%	1.1%	0%	4.21

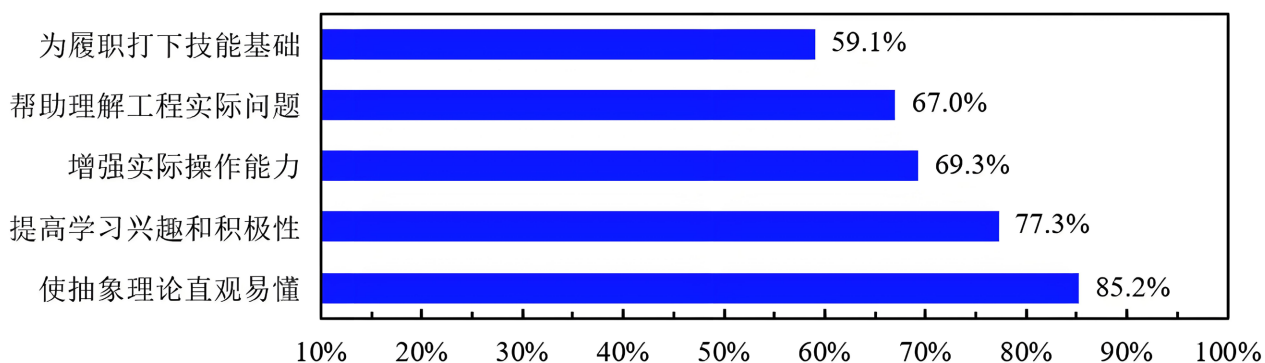


Figure 2. Distribution of students' perceptions on the integration of digital technology into teaching

图 2. 学生对数字化技术融入教学的认知分布图

当然，教学实践中也面临一些现实问题：在有限学时内完成课程设计或开放式创新项目，对学生的时间管理和任务规划能力提出了较高要求。部分学生反映，课后探究任务耗时较长，尤其是有限元分析，从建模、网格划分到求解、结果分析，每个环节都需要反复尝试，与课程设计并行进行时，任务叠加导致学习压力增大。同时，开放式创新项目涉及机构设计、控制系统、加工装配等多个环节，任务周期较长，学生在有限学时内难以深入完成，容易出现“赶进度、重形式、轻质量”的问题。

针对这些问题，一是设计分层递进的课后探究任务。基础层以机构应用案例和失效案例探究为主，重在工程认知和构思；巩固层以机构运动分析和零件受力分析为主，重在分析与计算；应用层以设计性任务为主，结合课程设计或项目实践开展，重在设计和改进。二是实施项目分解与阶段性检查。将开放式的项目实践分解为若干子项目，每个子项目设置阶段性检查点，引导学生按计划推进，避免任务堆积。三是建立团队协作机制。采用小组分工模式，将机构设计、仿真分析、样机制造等任务合理分配，既培养了团队协作能力，又减轻了个人学习负担。

6. 结论

在制造业数字化转型的背景下，本文针对传统教学中的痛点问题，围绕数字化设计技术在《机械设计基础》课程教学中的应用展开了研究。通过构建数字化的课堂教学环境，实现了机构运动、零部件结构等知识的可视化与立体化呈现，增强了学生的直观理解和空间思维能力；通过课后仿真探究任务，学生在“理论分析-参数化建模-仿真验证”的过程中，不仅巩固了课堂知识，更掌握了运用现代设计工具解决实际问题的能力；通过传统课程设计的数字化改革和基于学科竞赛的开放式项目实践，使学生经历完整的“设计计算-三维建模-仿真验证-优化迭代”工程设计流程，培养了学生的创新思维和综合实践能力。综上所述，数字化设计技术在《机械设计基础》课程教学中的系统应用，是适应新工科人才培养要求的有效改革路径，对同类课程的教学改革具有积极的借鉴意义。

基金项目

火箭军工程大学教育教学研究课题(HJJKT-C2025009)，项目名称：基于数字化设计的《机械设计基础》课程教学改革与创新研究。

参考文献

- [1] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [2] 刘晓芬, 曹宝月, 刘彦峰, 等. 数智赋能下“虚实联动·数据驱动”教学模式创新与实践——以《机械设计基础》为例[J]. 创新教育研究, 2025, 13(8): 748-754.

-
- [3] 杨贵新. 面向新工科人才培养的机械设计基础课程教学改革[C]//延安市教育学会. 第五届创新教育与发展学术会议论文集(三). 2023: 225-232.
- [4] 郑静, 龙湘云, 伍素珍. 面向新工科人才培养的机械设计基础课程教学改革[J]. 高教学刊, 2023, 9(5): 117-120.
- [5] 姜波, 苗建伟, 张翠翠, 等. 以能力培养为导向的机械设计基础课程教学改革与实践[J]. 时代汽车, 2024(10): 38-40.
- [6] 林旭. 基于 ANSYS 的《机械设计基础》线上线下混合教学探索[J]. 机械管理开发, 2024, 39(2): 91-94.
- [7] 王妮. 虚拟样机技术在机械设计基础课程教学中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(10): 334-335.
- [8] 潘少瑛. 基于机械设计基础课程的三维 Solidworks 软件课程教学探索[J]. 工程技术研究, 2022, 7(11): 182-184.
- [9] 胡广华, 孙建芳, 李旻. 基于现代三维设计仿真技术的“机械设计基础”课程教学探索[J]. 装备制造技术, 2024(9): 51-53+57.
- [10] 宋梅利, 祖莉, 范元勋, 等. 机械设计基础课程项目式教学改革探索与实践[J]. 中国机械, 2024(36): 147-151.
- [11] 潘春荣, 林冲, 刘静, 等. 基于“项目驱动”的机械设计基础课程混合式教学探索与实践[J]. 创新创业理论研究与实践, 2024, 7(14): 171-174.
- [12] 周莹. 基于项目教学的机械基础课程教学设计与实践[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(10): 209-211.
- [13] 曾德惠, 杨春雷, 范奎, 等. 新工科背景下机械数字化设计能力培养体系的构建与实践[J]. 湖北民族大学学报, 2023(4): 553-560.
- [14] 陈善龙, 李桂花, 王其营. 简析数字化技术在机械设计中的应用与发展趋势[J]. 橡塑技术与装备, 2024, 50(7): 1-5.